1. Introducción: Prueba de Aforo por Vadeo.

El aforo es realizado para determinar el flujo o caudal que pasa por una determinada sección de un río en un instante cualquiera en unidades de volumen en m^3/seg o p^3/seg.

El aforo por vadeo se realiza en ríos y quebradas poco profundas (0.15 – 2.00 m), donde la corriente de la sección transversal presenta velocidades bajas, no tan fuertes que pueda arrastrar al equipo de aforo (vara de vadeo, molinete) y el aforador.

2. Objetivo del procedimiento:

Determinar el caudal que pasa por una sección transversal de una corriente superficial en un instante dado.

3. Campo de aplicación:

Área de Hidráulica / CIHH.

4. Definiciones:

- **Aforo:** Medición de la cantidad de agua que lleva una corriente en unidad de tiempo
  Q = volumen / tiempo = área de sección transversal por velocidad del flujo.

5. Abreviaturas:

- **m^3/seg:** metros cúbicos por segundo
- **°C:** Grados Centígrados
- **mL:** mililitro
- **m^2/L:** metros cuadrados por litro
- **p^3/seg:** pies cúbicos por minutos
- **hr:** Hora
- **m:** metro
- **min:** Minuto
- **m^2:** metro cuadrado
- **AH:** Área de Hidráulica

6. Referencia:

- Linsley, Apuntes de Hidrología.
- Ventechow, Hidrología Aplicada.
- Formato ANAM para el esparciamiento en el ancho total del río.
- ETESA. Manual de Procedimiento de Aforo.

7. **Equipos y herramientas:**

a. Equipos para Aforo por Vadeo.

- Correntómetro.
- Cuerda (longitud de variable).
- Vara de Vadeo.
- Cinta métrica
- Chaleco Salvavidas.
- GPS. (Sistema de Posicionamiento Global)
- Arnés.
- Línea de Vida.

b. Equipos para Aforo desde Puentes.

- Corretómetro Modelo Swoffer
- Escandallo de 30, 75 lbs.
- Grúa de tres ruedas para aforo desde puente

8. **Requisitos del aforo:**

- El analista del CIHH, debe tomar las medidas necesarias para la utilización del equipo de seguridad industrial, para evitar accidentes.
- Se debe mantener un control sobre los instrumentos a utilizar, ya que el control de los mismos disminuye el porcentaje de error.
- Las medidas a realizar deben ser efectuadas, bajo el seguimiento especifico del procedimiento descrito por el CIHH.

9. Descripción o metodología del Procedimiento Prueba de Aforo en Ríos y Quebradas:

El analista o aforador del CIHH, al iniciar el procedimiento debe tomar las medidas necesarias de seguridad, luego procede a revisar, verificar que el equipo y las herramientas para la generación de la prueba este disponible y en buenas condiciones para dar inicio al aforo en ríos y quebradas.

a. Procedimiento de Prueba de Aforo por Vadeo.

1. Para la identificación de los sitios de aforo, se efectuará una gira de inspección, para conocer las características del lugar y el equipo a utilizar.
2. El aforador, procederá a ubicar una sección uniforme, libre de obstáculos (turbulencias, tronco, piedras, afluentes con remansos, entre otros); la sección, es localizada por medio del GPS, para ser plasmada en un plano y confeccionar el levantamiento topográfico de cada una de las secciones transversales del cauce de las corrientes de agua y obtener el área real.
3. Luego, se coloca una soga asegurada a ambas orillas del río o quebrada, para continuar con la división de secciones, por medio de una cinta métrica de 30 metros.
4. Con la medida del ancho del río o quebrada, se procede a realizar los espaciamientos, por medio de la tabla preestablecida de la ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente).

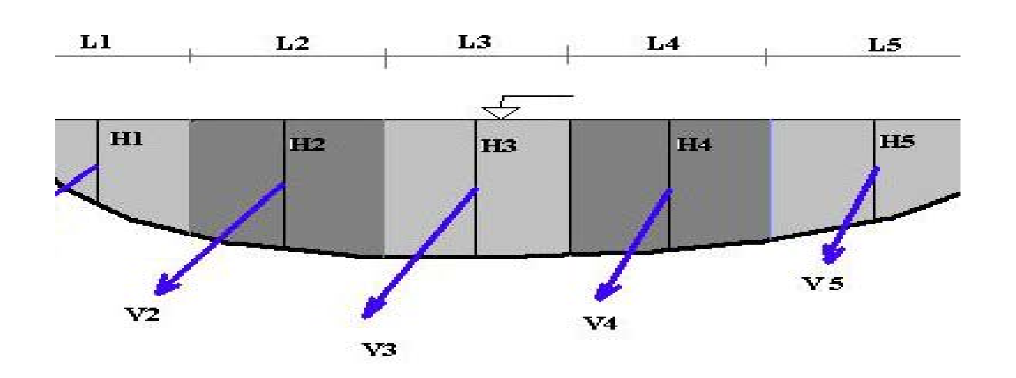
Ancho	3 – 5	5 – 8	8 – 12	12 – 18	18 – 25	25 – 35	35 – 50	50 – 40	70 – 10
Espaciamiento	0.30	0.40	0.50	0.80	1.00	1.50	2.00	3.00	4.00

Desde el fondo : V 0.2h, V0.8h, sí $h > 0.6$ m y V0.4h, si $h \leq 0.6$ m

5. Los funcionarios del CIHH, colocan la soga, ya marcada por los espaciamientos en ambas orillas del río o quebrada para ser templada e iniciar con la medición de verticales referidas a las márgenes en las que se mide profundidad y velocidad.
6. Se determinan así áreas parciales y velocidades medias en las secciones parciales con las cuales se determinan caudales parciales, cuya sumatoria arroja el caudal total (ver figura 1).

9. **Descripción o metodología del Procedimiento:**

7. Para realizar la medición de velocidad se utilizará un correntómetro digital modelo SWOFFER modelo 2100. Las mediciones de velocidad se tomarán simultáneamente con las medidas de profundidad.
8. Luego de determinar las profundidades en cada sección, se medirán las velocidades a 0.2 h y 0.8 h desde el fondo, criterio que es igualmente utilizado para profundidades mayores a 0.6 metros. A profundidades menores o iguales a 0.6 metros, la velocidad se medirá a 0.4 h desde el fondo.



Q= A1 V1 + A2. V2 + A3. V3 + ... (figura Nº.1)

9. Obtenidos los datos necesarios, se procede a introducir los datos en una hoja de calculo excel, para calcular el caudal seleccionado o espaciado y total.
10. Finalmente, el analista de prueba, genera un análisis o informe detallado con los datos tomados y calculados de la prueba, el cual remite al director del CIHH, para su revisión y posteriormente este lo revisa, y devuelve al AH para cualquier corrección y/o envió al cliente, estos tramites conllevan copias para su respectivos archivos.

9.Descripción o metodología del Procedimiento:

b. Aforo desde Puentes con la Utilización de la Grúa.

1. Los funcionarios del CIHH, efectuarán una visita previa de inspección al sitio, donde se instalara la grúa de tres ruedas para el aforo; este debe revisar, verificar que el equipo este completo y en buen estado. (Estructura de la grúa, el cable guía, el molinete o correntómetro y el escandallo).
2. Dicho sitio será, localizado por medio del GPS, para ser plasmados en los planos y confeccionar el levantamiento topográfico de cada una de las secciones transversales del cause de las corrientes de agua y obtener el área real.
3. A la orilla del puente, se colocara la grúa, y se marcara en el mismo, para tener un punto de referencia como inicio de medición; en este primer, punto se baja el cable guía, se toman las medidas y lo mismo en la otra orilla.
4. Posteriormente, se mide le ancho con una cinta métrica, para estimar el espaciamiento que se debe tomar para las medidas de la profundidad y velocidad, para ello se mueve la grúa, a través de las marcas establecidas.

Nota:

- El funcionario del CIHH, debe anotar las medidas antes y después de introducir el escandallo, para obtener la profundidad.
- Los espaciamientos son asignados con la tabla de la ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente).
- Los cálculos a efectuarse para velocidad y profundidad son similares al Aforo por Vadeo.

10. Cálculo de los resultados:

- **Caudal Parcial.** $Qi = Vi * Ai$
- **Caudal Total.** $Q = \Sigma Vi * Ai$
- **Velocidad Promedio (sección de aforo).** $V = Q_T / A_T$

11. Seguridad:

Se recomienda utilizar para estas pruebas el equipo de seguridad industrial necesario: Botas o zapatos que no resbalen, y chaleco salvavidas, línea de vida con arnés.
Nota: "Esta Norma no cubre el cumplimiento de las actividades de un laboratorio con relevantes requisitos legales y de seguridad, los cuales no se incluyen en el alcance del laboratorio". Norma 17025.

12. Formatos utilizados. Ninguno.

13. Anexos.

- Informes y hojas de registro de muestras.
- Fotos de Pruebas efectuadas (**ACUTP-CIHH-AH-102-2006**).

14. Manejo y archivo de procedimientos:

Este procedimiento se debe mantener dentro del Manual de Instrucciones (procedimientos específicos para pruebas o ensayos) del Área de Hidráulica del Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas. El mismo será manejado como referencia o consulta al realizar dicho estudio.

Fecha de actualización: 07/03/2006. Documentado por: Ing. Cecibel Torres Molinares. Ofic. de Calidad Institucional. Ing. David Vega. Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas (AH)

Ing. Sidney Saavedra Coordinador del Área de Hidráulica	Ing. Erick Vallester Director del CIHH

13. Anexo : Fotos de Pruebas Efectuadas (ACUTP-CIHH-AH-102-2006)

	
Foto N°1 Trabajo inicial para el aforo: colocación de soga y división en secciones del río.	**Foto N° 2** Aforo en el río: Medición del ancho total del río.
	
Foto N° 3 Aforo en el río: Medición de profundidad en las secciones del río.	**Foto Nº 4** Otra vista del trabajo de Medición de profundidad en las secciones del río
	
Foto N° 5 Medición de la velocidad en la sección de aforo del río con el Correntómetro digital marca SWOFFER	**Foto N° 6** Otra vista en el centro del la sección de río, midiendo la velocidad con el Correntómetro